

日本原子力学会平成19年度(第1回)炉物理部会賞の紹介

平成19年度(第1回)炉物理部会賞が、炉物理部会の規程に基づく公募、選考を経て、以下の1件に決定された。

受賞者

Sidik Permana (東京工業大学原子核工学専攻)

研究題目

「ウラン／トリウムを燃料とする重水／軽水冷却増殖炉の可能性に関する研究」

Feasibility Study on Light/Heavy Water Cooled Breeder Reactors with Uranium/Thorium Fuel

受賞概要

水(軽水と重水の両方)を冷却材とする増殖炉について検討している。濃縮U 供給+ワンススルー(ケース1)、天然U 供給+Pu 半量リサイクル(ケース2)、天然U 供給+Pu 全量リサイクル(ケース3)、天然U 供給+TRU リサイクル(ケース4)、 ^{233}U -Th 供給ワンススルー方式(ケース5)の場合について、燃料仕様、減速材/燃料比(MFR)、取出燃焼度等をパラメータとして増殖性能と負のボイド係数を同時に満足する炉心の設計条件を明らかにするのが目的である。

重核種26核種、FP核種66核種、擬似FP核種1核種を扱い、核データにはJENDL3.2、セル計算にはSRAC2002を用い、燃焼には核平衡モデルを用いて解析し、以下のような結果を得ている。

軽水冷却ウラン燃料増殖炉に関して、MFRが2のとき供給燃料の必要濃縮度が最小になる。ケース3,4では $\text{MFR} < 0.3$ で増殖が可能。閉じ込め重核種が増えると必要濃縮度は低くなり転換比が向上。ケース1,2では $\text{MFR} < 0.3$ で、ケース3,4では $\text{MFR} < 1.0$ でボイド係数が正。

重水冷却ウラン燃料増殖炉に関して、 $0.1 < \text{MFR} < 4$ では軽水炉に比べて供給燃料の必要濃縮度は高くなり転換比も向上。太径燃料(直径13.0mm)は細径燃料(直径9.6mm)比べて必要濃縮度が低く転換比が向上。ケース1,2では $\text{MFR} < 3$ で、ケース3,4では $\text{MFR} < 6$ でボイド係数が正。

軽水冷却トリウム燃料増殖炉に関して、ケース5に対し、取出燃焼度を30GWd/t以上にするにはMFRを0.3以下にする。低減速($\text{MFR} < 0.3$)かつ低出力密度(45W/cc)の条件で増殖が可能。ボイド係数は $\text{MFR} > 0.015$ で負、0.3辺りで最小。

重水冷却トリウム燃料増殖炉に関して、ケース5に対し、太径燃料(直径13.0mm)では $0.4 < \text{MFR} < 1.5$ の範囲で取出燃焼度30~60GWd/tを達成しつつボイド係数負。重水冷却増殖炉の重核種インベントリは現行軽水炉の2倍程度以下。

燃焼計算及び熱水力計算を行い核平衡計算に伴う誤差を検討。設計余裕について検討。

ここで扱った条件では、これら4種の原子炉に関して、重水冷却トリウム燃料増殖炉が比較的炉心も小さくでき、大きな燃料ピン間隔がとれ、燃焼度も高くできることから、最も優れているという結論を導いている。

成果発表

1. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Impact of Different Moderator Ratios with Light and Heavy Water Cooled Reactors in Equilibrium States, Ann. Nucl. Energy, 33, 561-572(2006).
2. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Feasible Region of Design Parameters for Water Cooled Thorium Breeder Reactor, J. Nucl. Sci. Technol., 44[7], 946-957, (2007).
3. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Breeding Capability and Void Reactivity Performance of Heavy Water Cooled Thorium Reactor, J. Nucl. Sci. Technol., (to be published in Vol.45, No.2).
4. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Power Density Effect on Feasibility of Water Cooled Thorium Breeder Reactor, Accepted, 2007 (to be published in Prog. Nucl. Energy).
5. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Preliminary Study on Feasibility of Large and Small Water Cooled Thorium Breeder Reactors in Equilibrium States, Accepted, 2007 (to be published in Prog. Nucl. Energy)
6. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Feasibility Study of Self Sustaining Capability on Water Cooled Thorium Reactors for Different Power Reactors (submitted to J. Energy Conv. Management, 2007, by the editor's recommendation).
7. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Study on Characteristic for Different Moderation Ratios of Heavy Water Coolant with Different Reactor Types in Equilibrium States, Proc. of the 7th International Conference (Global 2005), October 9-13, 2005, Tsukuba, Japan.
8. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Design Feasible Area on Water Cooled Thorium Breeder Reactor in Equilibrium States, Proc. of The 14th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-14), July 17-20, 2006, Miami, Florida, USA.
9. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Cell Configuration Effect on Feasibility of Water Cooled Thorium Breeder Reactor, Proc. of American Nuclear Society's Topical Meeting on Reactor Physics (PHYSOR-2006), September 10-14, 2006, Vancouver, Canada.
10. P. Sidik, N. Takaki, H. Sekimoto, Breeding Capability and Void Reactivity Performance of Different Driver Fuel on Water Cooled Thorium Reactors for Different Power Reactors, Proc. of International Congress on Advances in Nuclear

Power Plant (ICAPP 2007), May 13–18, 2007, Nice Acropolis, France.